



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 NOV. 1999

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE

26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS Cédex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04  
Télécopie : 01 42 93 59 30



**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

DATE DE REMISE DES PIÈCES **23/12/98**  
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL **98 16413**  
DÉPARTEMENT DE DÉPÔT **99**  
DATE DE DÉPÔT **23 DEC. 1998**

**1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE  
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE**

**INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE**  
**1 & 4 Avenue de Bois Préau**  
**92852 RUEIL MALMAISON CEDEX FRANCE**

n° du pouvoir permanent \_\_\_\_\_ références du correspondant **ID/CF** téléphone **01 47 52 62 72**

**2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle**

☒ brevet d'invention ☐ demande divisionnaire  
☐ certificat d'utilité ☐ transformation d'une demande de brevet européen

**Établissement du rapport de recherche** ☐ différé ☒ immédiat

Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance ☐ oui ☒ non

Titre de l'invention (200 caractères maximum)

**RISER OU COLONNE HYBRIDE POUR LE TRANSFERT DE FLUIDE**

**3 DEMANDEUR (S)** n° SIREN \_\_\_\_\_ code APE-NAF \_\_\_\_\_

Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination

**INSTITUT FRANCAIS DU PÉTROLE**

Forme juridique **Organisme Professionnel**

Nationalité (s) **française**

Adresse (s) complète (s) **1 & 4 Avenue de Bois Préau 92852 RUEIL MALMAISON CEDEX**

Pays **FRANCE**

**4 INVENTEUR (S)** Les inventeurs sont les demandeurs ☐ oui ☒ non Si la réponse est non, fournir une désignation séparée

**5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES** ☐ requise pour la 1ère fois ☐ requise antérieurement au dépôt ; joindre copie de la décision d'admission

**6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE**

pays d'origine	numéro	date de dépôt	nature de la demande

**7 DIVISIONS** antérieures à la présente demande n° \_\_\_\_\_ date \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_ date \_\_\_\_\_

**8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE** (nom et qualité du signataire)  
**Aifred ELMALEH**  
**Chef du Département Brevets**

**SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION**

**SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI**

DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

DIVISION ADMINISTRATIVE DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 Paris Cédex 08  
Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

P 9816413

TITRE DE L'INVENTION :

**RISER OU COLONNE HYBRIDE POUR LE TRANSFERT DE FLUIDE**

LE(S) SOUSSIGNÉ(S)

Alfred ELMALEH  
Chef du Département Brevets  
INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE  
1 & 4 avenue de Bois-Préau  
92852 RUEIL MALMAISON CEDEX


DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

BIOLLEY Francis  
demeurant : 6, rue Lekain  
75016 PARIS  
France

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

Rueil Malmaison, le 21 décembre 1998

  
**Alfred ELMALEH**  
Chef du Département Brevets

# DOCUMENT COMPORTANT DES MODIFICATIONS

PAGE(S) DE LA DESCRIPTION OU DES REVENDECATIONS OU PLANCHE(S) DE DESSIN			R.M.*	DATE DE LA CORRESPONDANCE	TAMPON DATEUR DU CORRECTEUR
M. modifiée(s)	Supprimée(s)	Ajoutée(s)			
15				24/2/99	6 S - 0 4 MARS 1999

Un changement apporté à la rédaction des revendications d'origine, sauf si celui-ci découle des dispositions de l'article R.612-36 du code de la Propriété Intellectuelle, est signalé par la mention «R.M.» (revendications modifiées).

La présente invention concerne un riser de production ou colonne montante comportant une partie flexible en sa partie inférieure en liaison avec une ou plusieurs sources d'effluents et une partie rigide dans sa partie supérieure, cette dernière étant connectée à un support flottant par des moyens permettant la mise  
5 en tension du riser principalement par son propre poids.

L'invention est particulièrement adaptée pour des systèmes de production pour les effluents pétroliers, notamment la production de pétrole et de gaz en utilisant un support flottant ancré au fond de la mer qui est en liaison avec un ou plusieurs puits de production par l'intermédiaire d'une ou de plusieurs conduites  
10 montantes ou riser de production composé d'au moins une partie rigide en partie supérieure et d'une partie flexible au niveau du fond marin. Les conduites peuvent être indépendantes ou liées entre elles sous forme de tours de risers.

L'invention concerne aussi de manière plus générale toute conduite permettant le transfert ou le transport d'un fluide d'un endroit vers un autre endroit,  
15 par exemple des lignes d'injection de fluides (eau, gaz...).

Les systèmes de production sont habituellement installés pour des durées relativement élevées, par exemple 20 ans. Pendant toute la durée de leur installation et au cours des opérations de production, ils sont soumis à des  
20 contraintes extérieures, telles que la houle, le courant, le vent...

Habituellement le support flottant est ancré de manière statique au fond de la mer par un ensemble de chaînes ou de lignes tendues verticales ou obliques. Dans les deux cas, il conserve une certaine liberté de mouvement dans et selon différents axes, qui vont de quelques centimètres à plusieurs mètres pour les  
25 déplacements verticaux dus à la houle, connus dans ce domaine sous le terme de pilonnement et qui peuvent aller jusqu'à des dizaines de mètres dans le plan horizontal, connus sous les termes de cavalement, embardée et dérive lente. Les rotations autour des axes horizontaux, roulis/tangage, et autour de l'axe vertical, lacet, dépendent des dimensions du support flottant, de son moyen d'ancrage, et  
30 des conditions de houle, de courant et de vent.

Classiquement, dans de telles installations, les colonnes montantes sont fixées d'une part à une structure sous-marine posée sur le fond et regroupant en

général plusieurs têtes de puits, et d'autre part, elles sont en liaison directe ou indirecte avec une structure flottante par des dispositifs appropriés. Ces dispositifs de liaisons rendent les conduites montantes plus ou moins solidaires du support flottant et donc de ses déplacements.

- 5 L'utilisation de risers flexibles est particulièrement adaptée à ce type de déplacements. Ils répondent très bien aux mouvements en tête (au niveau de la liaison avec le support flottant) et le contact au sol est bien maîtrisé. Les nombreuses applications de risers flexibles réparties à travers le monde et dans le domaine de l'offshore, montrent que les aspects de fatigue pour ce type de riser  
10 peuvent être considérés comme suffisamment maîtrisés.

Le dimensionnement des risers flexibles doit prendre en compte la traction et le collapse entre autres critères. En mers profondes, et sachant qu'un flexible est en général plus lourd qu'un rigide, la combinaison des deux critères précités peut devenir difficile à gérer.

- 15 Pour les risers entièrement rigides et pratiquement verticaux, et afin de rendre ces déplacements tolérables par la colonne montante, des systèmes de suspension, mieux connus sous le terme de systèmes de tensionnement, sont généralement mis en œuvre. On utilise par exemple des systèmes de tensionnement hydrauliques ou tensionnement passif par flotteurs qui maintiennent  
20 en tête la colonne montante sous une tension à peu près constante et indépendante des mouvements du support. Ces systèmes peuvent devenir très encombrants pour des risers en grande profondeur.

- Les systèmes de risers rigides dits caténaires, envisageables en mers profondes, utilisent la flexibilité du métal sur une grande longueur de riser afin de  
25 leur donner une forme similaire à celles, classiques, du flexible. Ces risers peuvent éventuellement être dispensés de moyens de tensionnement mais présentent deux inconvénients importants:

- une grande distance horizontale entre la tête du riser et la tête de puits sous-marine est nécessaire,
- 30 • la fatigue au point de décollement est critique.

L'art antérieur décrit aussi différents agencements conçus notamment pour reprendre les mouvements des supports flottants en alliant partie rigide et partie flexible pour le système de risers.

5 Par exemple, les risers hybrides tels que ceux utilisés dans les brevets US 4,661,016 ou le Mobil/IFP Compliant riser présenté par exemple dans "Applications of Subsea Systems" (Goodfellow Associates Ltd, 1990) sont  
10 composés d'un riser ou d'une tour de risers rigides s'étendant du fond de l'océan jusqu'à une certaine profondeur donnée. Cette profondeur se trouve de préférence en dessous du niveau de turbulence de la houle, où ils sont mis en tension par l'intermédiaire d'une bouée subsurface. Leur extrémité supérieure est connectée à des risers flexibles qui permettent le transport des fluides vers un support flottant. Ce sont ces derniers risers qui reprennent les mouvements différentiels entre support et bouée. Il existe d'autres versions de cette configuration où les risers  
15 rigides sont des risers caténaux tels que ceux décrits dans le brevet US 5,639,187.

L'idée de la présente invention est de concevoir une conduite pour grandes profondeurs d'eau permettant de transférer un fluide, la conduite mettant en liaison  
20 un support flottant et le sol marin, par exemple ou encore un point disposé à une profondeur importante en-dessous du support flottant.

La conduite présente notamment comme caractéristique de comporter au moins une partie flexible en liaison avec le sol marin et au moins une partie rigide en liaison avec le support flottant, les deux parties rigide et flexible étant reliées.

25 La partie rigide est par exemple en liaison avec le support flottant par des moyens adaptés permettant à la conduite d'être mise en tension principalement par son propre poids.

La conduite peut être par exemple un riser de production.

30 Dans la suite de la description on entend sous l'expression « son propre poids » :

\* le poids de la conduite ou du riser composé des différentes parties rigide et flexible le constituant, ou encore



\* le poids de l'ensemble de ces deux parties et des équipements associés à la conduite ou au riser, tels que des éléments d'isolation, les éléments de jonction ou de connexion entre les différentes parties, ou tout autre élément complétant la conduite ou le riser.

- 5            Un tel riser est bien adapté aux mers de profondeurs supérieures à 500 m et plus particulièrement supérieures à 1000 m et aux ultra grands fonds.

L'invention concerne aussi une conduite pour grandes profondeurs d'eau permettant le transfert d'un fluide entre un support flottant et un point situé en  
10        dessous et à une distance éloignée de la surface de l'eau.

Elle est caractérisée en ce qu'elle comporte :

- ⇒ au moins une partie flexible en liaison par une de ses extrémités avec le point situé en dessous de la surface, et  
              ⇒ au moins une partie rigide en liaison avec la partie flexible par une de  
15        ses extrémités et par la deuxième extrémité avec le support flottant,  
              ⇒ ladite partie rigide étant maintenue au support flottant à l'aide de moyens de maintien permettant à cette dernière d'être essentiellement mise en tension par son propre poids.

20            Selon une variante de réalisation de la conduite,

              ⇒ la partie flexible est définie par exemple de la manière suivante :

- a) on établit les mouvements extrema du support flottant,  
                  b) on suppose que les mouvements du haut de la partie flexible sont sensiblement identiques aux mouvements extrema,  
25            c) on choisit la position  $Ph$  de l'extrémité supérieure de cette partie flexible en verticale et on dimensionne la partie flexible de façon à reprendre au moins les mouvements préétablis en tenant compte au moins des paramètres suivants : la pression interne  $P_{int}$ , la pression externe  $P_{ext}$ , la nature du fluide, des efforts maximaux tels que la traction  
30            maximale  $T_{max}$  vue par la partie flexible, la valeur de la courbure maximale admissible  $courb_{max}$ ,

              si la partie flexible ne respecte pas les conditions d'utilisation, on change au moins la position  $Ph$ ,

⇒ la partie rigide est définie pour des moyens de maintien donnés et une valeur de diamètre  $D_r$ ,

- 5 e) on choisit sa longueur  $L_r$  pour être sensiblement égale à la valeur de la distance dans des conditions d'équilibre existant entre l'extrémité supérieure du riser flexible et les moyens de maintien, on définit la valeur de son épaisseur  $e_r$  de façon à reprendre les contraintes générées par au moins: le poids de la conduite, les efforts hydrodynamiques, les efforts induits par les déplacements du support flottant, les pressions internes et externes,
- 10 f) on vérifie que la partie rigide du riser qui est disposée à l'intérieur ou sur les bords du support flottant ne rentre pas en contact avec une partie du support flottant, et on reprend éventuellement à l'étape b).

15 On effectue par exemple les étapes de dimensionnement de la partie flexible et de la partie rigide dans des conditions statiques et on peut vérifier le dimensionnement en statique par des étapes de dimensionnement en dynamique.

Selon une autre variante de réalisation on effectue les étapes de dimensionnement de la partie flexible et de la partie rigide dans des conditions dynamique.

20 La conduite peut comporter des moyens d'isolation thermique disposés sur au moins la partie rigide et/ou la partie flexible.

L'invention concerne aussi un riser ou colonne montante de production selon l'une des revendications 1 à 6 pour le transfert des effluents à partir d'un puits de production vers un support.

25 La conduite selon l'invention peut être un aussi une ligne d'injection où la partie rigide est en liaison avec une source de fluide à injecter et la partie flexible en liaison avec un endroit où le fluide doit être injecté.

30 L'invention concerne aussi un système pour la production d'effluents pétroliers en grandes profondeurs d'eau permettant le transfert d'un fluide entre un support flottant et une source d'effluents caractérisé en ce qu'il comporte au moins un ou plusieurs risers et ou une ou plusieurs lignes d'injection présentant les caractéristiques d'une des revendications 1 à 8.

Le système peut comporter au moins un système d'ancrage caténaire appliqué sur le riser rigide au niveau de la jonction et/ou du connecteur entre la partie flexible et la partie rigide.

Le système comporte par exemple des moyens supplémentaires de mise en  
5 tension du ou des risers.

Par rapport aux dispositifs de l'art antérieur, un riser selon l'invention présente notamment les avantages suivants :

10     ♦ il ne nécessite pas l'utilisation de systèmes ou des moyens de tensionnement (telle une bouée de subsurface) en fonctionnement normal, c'est-à-dire durant les opérations de production et la partie rigide n'est connectée au support qu'en son extrémité supérieure, contrairement aux hybrides classiques,

15     ♦ le poids du flexible étant en général plus important que celui du rigide, l'agencement des parties flexible et rigide selon l'invention permet notamment de limiter la tension en tête et donc d'étendre le domaine d'utilisation du flexible à des mers plus profondes,

   ♦ il utilise des propriétés bien établies des flexibles pour résoudre les problèmes de fatigue au niveau du point de décollement et des rigides pour résoudre le problème de poids dans les mers très profondes,

20     ♦ en règle générale, la partie rigide du riser sera plus longue que la partie flexible, et l'isolation thermique sur la première partie sera plus facile à réaliser,

25     ♦ il n'est pas nécessaire de surdimensionner le support flottant comme dans le cas des risers rigides verticaux tendus par tensionneurs hydrauliques. Ces derniers obligent à utiliser des systèmes de tensionnement en tenant compte des coefficients de sécurité qui conduisent à surdimensionner le support flottant,

   ♦ toutes les distances horizontales tête de puits / support flottant sont envisageables, contrairement aux risers rigides verticaux ou caténaires.

30     D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront mieux à la lecture de la description qui va suivre, faite de manière illustrative et non limitative, en référence aux dessins annexés sur lesquels

- les figures 1A et 1B schématisent deux variantes de système de production comportant un riser hybride selon l'invention ayant respectivement une partie flexible en forme de a) « Pliant-wave » et de b) « Lazy-wave »,
- les figures 2 à 5 schématisent différents dispositifs de maintien
- 5 • la figure 2 représente le dispositif de maintien le plus simple où le riser doit être enfilé et la bride vissée,
- la figure 3 représente un dispositif de maintien où le collier de maintien peut s'ouvrir et où la bride se visse,
- la figure 4 représente un dispositif de maintien où le collier de maintien s'ouvre et
- 10 qui présente une rainure, permettant ainsi une rotation axiale,
- les figures 5A et 5B représentent deux variantes de réalisation pour le dispositif de maintien comprenant deux colliers ouvrants enserrant a) une ou b) deux collerettes, et
- la figure 6 schématise un système de production comportant plusieurs risers.
- 15

Les figures 1A et 1B montrent deux exemples de systèmes de production pris à titre illustratif et nullement limitatifs pour mettre en évidence les particularités de l'agencement des différents éléments le constituant.

20 Ces deux figures diffèrent principalement par la forme pouvant être prise pour la partie flexible du riser hybride selon l'invention qui peut être pour la figure 1A de type « Pliant-wave » et pour la figure 1B de type « Lazy-wave ». Certains éléments communs aux deux figures ont les mêmes références.

25 Le système de production comporte, par exemple, un support flottant 1 ancré au fond marin 2 à l'aide de moyens d'ancrage 3, tel qu'un ensemble de chaînes ou de lignes tendues, par exemple des lignes d'ancrage. Le support est positionné par exemple à proximité d'une ou de plusieurs sources 4 d'effluents pétroliers, par exemple un ou plusieurs puits de production.

30 Un riser 5 permettant de remonter les effluents de la source vers le support flottant est composé par exemple d'une partie supérieure rigide 6 et d'une partie inférieure flexible 7, liée entre elles par exemple à l'aide d'un connecteur 8.

La partie supérieure ou extrémité 6B de la partie rigide du riser est fixée au support flottant 1 par un dispositif de maintien 9 permettant la mise en tension de ce riser principalement sous l'effet de son propre poids.

En cours de fonctionnement normal, l'accrochage ou le maintien de la partie rigide au niveau du support flottant ne demande pas de système de tensionnement tel qu'une bouée de subsurface habituellement utilisé dans l'art antérieur entre un riser et le support flottant, ou en tête de la partie rigide du riser.

- 5           La partie inférieure 6A de la partie rigide et la partie supérieure 7B de la partie flexible sont reliées toutes les deux au connecteur.

La partie inférieure flexible est connectée par son extrémité 7A par exemple aux puits de production par des dispositifs utilisés habituellement dans le domaine de la production pétrolière et qui ne seront pas détaillés car bien connus. Elle peut  
10 aussi être en liaison avec les puits de production à l'aide de flowlines.

Sans sortir du cadre de l'invention, il est possible de disposer par exemple au niveau de la jonction de la partie rigide et de la partie flexible, un élément permettant la mise en tension du riser, lorsque le poids de ce dernier ne suffit pas à lui-même.

- 15           Afin de limiter les mouvements horizontaux du bas de la partie rigide, une ou plusieurs lignes d'ancrage 10 peuvent être utilisées et connectées par exemple au niveau de la partie du riser rigide, un peu au-dessus du connecteur 8. Le dimensionnement de ces lignes d'ancrage se fera en fonction des mouvements prévisibles extrêmes du support flottant. Le mouvement latéral du riser peut être  
20 limité, par exemple, à l'excursion maximale extrême prévisible du support flottant.

Un limiteur de contraintes 11 est éventuellement ajouté au dessous du dispositif de maintien 9, donc au niveau du support flottant. Il permet notamment de minimiser les effets de courbure et les contraintes vues par le riser sous l'effet des mouvements de la houle, des forces hydrodynamiques et d'autres éléments  
25 extérieurs. Il est adapté sur au moins une partie de sa longueur pour supporter au moins les contraintes induites par les efforts transmis par l'environnement marin, celles induites par le dispositif de maintien et les contraintes dues au poids des charges supportées par le limiteur.

- 30           Ce limiteur de contraintes peut être par exemple de forme conique ou composé de plusieurs tronçons cylindriques d'épaisseurs variables. Il est positionné de préférence juste en dessous de la fixation inférieure du riser au support flottant, donc sur la partie rigide.

Le limiteur de contraintes peut faire partie intégrante de la partie rigide du riser ou être une enveloppe de ce dernier.

La forme du riser flexible peut être l'une des formes classiques des risers flexibles telle que par exemple "free-hanging", "lazy-S", "lazy-wave", "steep-S", "steep-wave", ou "pliant wave". Ainsi les propriétés connues du flexible peuvent être utilisées pour dimensionner cette partie flexible, en particulier pour la tenue en fatigue.

Le riser selon l'invention est défini par exemple au moins par les paramètres suivants :

- une partie flexible de longueur  $L_f$ , d'épaisseur  $e_f$ , de diamètre  $D_f$ , et
- une partie rigide de longueur  $L_r$ , d'épaisseur  $e_r$ , de diamètre  $D_r$ .

Les diamètres considérés peuvent être les diamètres interne ou externe des différentes parties.

La nature des matériaux formant la partie rigide et la partie flexible du riser seront par exemple choisie en fonction du fluide convoyé à l'intérieur du riser.

Ils seront par exemple résistant au  $H_2S$ , ou encore à tout autre composé ou produits susceptibles d'endommager le flexible sur sa partie flexible ou sa partie.

Le dimensionnement du riser ou du système de riser peut se dérouler en plusieurs étapes et en tenant compte de paramètres connus, par exemple de la manière suivante donnée en considérant un dimensionnement en statique, à titre illustratif et nullement limitatif.

On choisit par exemple des conditions extrêmes quasi-statiques (où les effets d'inertie sont négligés), ces conditions pouvant être données par une combinaison des valeurs d'angles de roulis ou de tangage maximaux ou encore par des valeurs de courants peu fréquents, tels que les courants centennaux, associés à des valeurs de déport du support flottant extrêmes, en cas accidentel comme par exemple une ligne d'amarrage rompue.

Les valeurs de déport peuvent être repérées par un angle de déport pris par rapport à un axe donné, ou encore par rapport à un point du support flottant, on considère par exemple l'angle de déport  $\alpha$  compté par rapport à un axe vertical, et

les valeurs  $a_{min}$  et  $a_{max}$ . Elles peuvent être aussi choisies comme étant un pourcentage de la profondeur tel qu'il est imposé par certaines normes.

On peut aussi prendre en compte le mouvement vertical du support flottant.

## 5 Etapes de dimensionnement en statique par exemple

- a) les excursions horizontales et verticales extrémales du support flottant qui seront établies au départ, (valeurs de déport du support flottant extrêmes),  $a_{min}$  et  $a_{max}$ ,
- b) on fait par exemple l'hypothèse que le haut de la partie flexible du riser suivra au maximum les excursions préétablies,
- 10 c) Dimensionner la partie flexible du riser en utilisant des méthodes de dimensionnement connues de l'Homme du métier pour reprendre ces mouvements préétablis et en tenant compte au moins des données suivantes
  - ⇒ la position en verticale de l'extrémité supérieure de la partie flexible est choisie, point Ph,
  - 15 ⇒ on donne une forme pour la partie flexible, en fonction notamment du système dans lequel il est utilisé (nombre de risers, positionnement des uns par rapport aux autres, nombre et position des puits),
  - ⇒ de la pression interne  $P_{int}$  résultant de la circulation du fluide circulant dans le riser, et des pressions imposées,
  - 20 ⇒ de la pression externe  $P_{ext}$  exercée par l'environnement sur le riser et qui est notamment fonction de la profondeur d'eau considérée,
  - ⇒ de la traction maximale  $T_{max}$  envisagée, la partie flexible subissant une traction du fait notamment de son propre poids, et de l'excursion extrême sensiblement verticale,
  - 25 ⇒ des courbures maximales à ne pas dépasser, sur la longueur de la partie flexible, on se donne une valeur limite  $c_{max}$  à ne pas dépasser, fonction de la composition du flexible,
  - ⇒ éventuellement de la torsion maximale envisagée,
  - ⇒ on vérifie que la partie flexible respecte les conditions d'utilisation, et dans
  - 30 le cas contraire on change au moins un des deux paramètres la position en verticale de l'extrémité supérieure de la partie flexible ou la forme de la partie flexible,

- d) Choisir un dispositif de maintien équipant le support flottant,  
 ⇒ il peut être de type rotule tel un flexjoint  
 ⇒ ou encore un dispositif de fixation et de maintien tels que ceux décrits dans les figures 2 à 5, par exemple
- 5 e) Dimensionner la partie rigide  
 ⇒ le diamètre  $D_r$  de la partie rigide est donnée en fonction des besoins des utilisateurs,  
 ⇒ on choisit la longueur  $L_r$  sensiblement égale à la valeur de la distance existant entre l'extrémité supérieure du riser flexible et le dispositif de maintien équipant le support flottant en considérant le système à l'équilibre,  
 10 ⇒ L'épaisseur  $e_r$  de cette partie est définie pour pouvoir reprendre au moins toutes les contraintes générées par : le poids du riser, l'effort exercé par la partie flexible au niveau du connecteur faisant la jonction entre les deux parties ou au niveau de la jonction même, les efforts hydrodynamiques exercés par l'environnement (houle, courant,...) les efforts induits par les déplacements du support flottant, les pressions internes et externes définies ci-dessus et s'exerçant sur les deux parties du riser, la torsion susceptible..... et le type du dispositif de maintien utilisé au niveau du support flottant. Les calculs permettant de déterminer l'épaisseur font appel  
 15 à des méthodes classiques et connues de l'Homme du métier,
- 20 f) on vérifie que la partie rigide du riser qui est disposée à l'intérieur du support flottant ne rentre pas en contact avec une partie de ce dernier. Dans le cas contraire, on change ou le type du dispositif de maintien, ou bien la position du point d'accrochage de la partie rigide du riser au support flottant, et on réitère les étapes  
 25 par exemple à partir de l'étape b).

On s'assurera que le riser flexible est adapté, par exemple sa résistance à la flexion pour des conditions de stockage données ou des conditions de mise en place.

- 30 Lorsque le riser est pourvu d'un limiteur 11 de contraintes disposé au niveau de la partie rigide et du support flottant par exemple selon une disposition décrite à la figure 1B. On dimensionne ce limiteur de manière par exemple à conserver une



courbure constante au niveau de cette jonction, la valeur de la courbure devant être inférieure à la courbure maximale acceptable par la partie rigide du riser.

Les contraintes en flexion et/ou les contraintes de Von Mises doivent respecter les normes en vigueur dans le domaine où est utilisé le riser.

5

Les étapes de a) à f) sont par exemple effectuées en calcul statique, en prenant des cas de configurations les plus défavorables précitées tels que par exemple : angle de roulis ou tangage maximal en tête associé à un courant centennal dans le sens contrecarrant la tendance de cet angle.

10

#### **Etapes de vérification en dynamique du dimensionnement du riser réalisé dans des conditions statiques**

Après avoir dimensionné le riser, dans des conditions statiques et en mettant en œuvre les étapes précédentes, on effectue une analyse dynamique de vérification du dimensionnement du riser selon les normes en vigueur.

On vérifiera notamment que sous les effets dynamique du pilonnement, non nécessairement pris en compte dans les étapes de dimensionnement en statique, la traction maximale reste acceptable.

Si les excursions du point de jonction des parties flexible et rigide restent inférieures à celles prédites mais que les effets dynamiques sont importants et que les normes ne sont pas respectées notamment en contraintes et en fatigue, alors on dimensionne à nouveau le riser en reprenant à l'étape c) et en dynamique.

L'analyse en dynamique peut être réalisée par rapport au comportement du point de jonction des deux parties rigide et flexible, de la fixation en tête de la partie rigide ou encore des deux.

Par exemple, si l'analyse dynamique montre que le bas de la partie rigide du riser correspondant au point de jonction des deux parties a une excursion supérieure à celle du support flottant, trois cas au moins peuvent être envisagés :

30

#### **Cas 1**

L'excursion du point de jonction des deux parties qui correspond au bas de la partie rigide reste acceptable du point de vue des critères de dimensionnement de la partie rigide et de la partie flexible et le dimensionnement n'est pas modifié.

### **Cas 2**

L'excursion n'est pas acceptable, une première variante consiste à ajouter des lignes d'ancrage limiteurs de mouvements qui sont disposées entre le niveau du connecteur ou de la jonction de la partie flexible et de la partie rigide, et le sol.

- 5 Les longueurs des lignes d'ancrage sont par exemple calculées de façon à ce que, tendues, l'excursion du connecteur est limitée par rapport à celle du support flottant, et soit seulement légèrement supérieure. On calcule ensuite par des simulations dynamiques les efforts induits dans ces lignes afin de dimensionner correctement les lignes d'ancrage. On s'assurera ensuite qu'il n'y a jamais  
10 d'interférence entre le riser et les lignes d'ancrage.

### **Cas 3**

- Lorsque l'on ne peut pas utiliser des lignes d'ancrage, et que certains critères de conditions d'utilisation du flexible ne sont plus respectés (par exemple, une courbure trop importante), on reprend le dimensionnement du flexible à l'étape  
15 b) en tenant compte pour les paramètres d'excursion de valeurs plus importantes que celles du support flottant (valeurs d'excursion données initialement).

- De manière générale, on choisit par exemple la longueur  $L_r$  de la partie rigide du riser de façon que son extrémité inférieure 6A, se trouve en dessous du  
20 niveau le plus bas du support flottant.  $H$  étant la hauteur du support flottant,  $H_f$  étant la hauteur par rapport au fond marin de l'extrémité supérieure 7B du flexible, la valeur  $L_r$  est supérieure à  $H$ , et le rapport  $L_r/H_f$  est de préférence supérieur à 3 pour des profondeurs supérieures à 1500 m.

- 25 La figure 2 représente un premier mode d'accrochage de la partie supérieure du riser 6 au niveau du support flottant 1.

- Pour cela, le support flottant est équipé d'un moyen de maintien comportant une plaque 20 solidaire par exemple du support flottant pourvue d'une partie 21 sensiblement perpendiculaire à la plaque 20. La partie 21 est pourvue d'un orifice  
30 22 de passage du riser ou du limiteur de contraintes et de différents moyens de fixation, ici des trous 23a permettant de fixer des vis ou tout autre moyen de fixation.

La partie supérieure du riser ou du limiteur de contraintes est équipée d'une bride 24 ou anneau qui est lui-même pourvu de trous destinés à recevoir des moyens 23b de fixation de la bride sur la partie solidaire du support flottant.

Avantageusement la plaque 21 peut comporter un limiteur de contraintes  
5 fixé par exemple à sa face inférieure.

La hauteur de la partie 21 peut être plus ou moins importante, selon les efforts qu'il va être nécessaire de reprendre.

La figure 3 montre une autre variante de réalisation pour le dispositif de  
10 maintien du riser.

La partie 21 de la figure 2 est remplacée par une plaque comportant un demi-cercle 25 adapté à la forme et aux dimensions du riser ou du limiteur de contraintes, une charnière 26, et une autre partie 27 en demi-cercle pourvue d'une partie 28 qui vient se fermer dans une encoche 29. Des moyens de fixation au  
15 niveau de l'encoche, par exemple un boulon composé d'une vis 30 et d'un écrou 31 permettent le maintien de la partie supérieure du riser. On forme ainsi un collier ouvrable facilement, d'où une facilité de mise en place du riser.

La hauteur de ce collier peut varier, selon les efforts qu'il va être nécessaire de reprendre.

20 La figure 4 montre une variante de réalisation du dispositif de maintien de la figure 3 où chacune des parties en demi-cercle sont pourvues sur leur paroi interne d'une gorge 33 dont les dimensions sont adaptées à la collerette 34 disposée sur la partie supérieure du riser.

25 Les figures 5A et 5B montrent deux variantes de réalisation du dispositif de maintien de la figure 4. La gorge dans un seul collier est remplacée par deux colliers qui enserrant une butée 35 (figure 5A) ou deux butées 36 (figure 5B) si les colliers sont relativement distants l'un de l'autre.

30 La figure 6 schématise un exemple d'application de l'invention pour la production pétrolière où l'on utilise plusieurs risers hybrides référencés.



Chaque riser comporte une partie rigide 41i et une partie flexible 40i déterminées selon la méthode donnée ci-dessus.

Une partie flexible peut être liée à une partie rigide par un connecteur, les risers étant autonomes les uns des autres.

- 5 Sans sortir du cadre de l'invention il est aussi possible de regrouper les différentes parties flexibles au niveau d'un connecteur, ce dernier pouvant faire la liaison avec un bundle regroupant les parties rigides des risers ou encore avec une tour de risers rigides.

- 10 Selon une autre variante de réalisation plusieurs parties flexibles peuvent être regroupées par un connecteur de façon à être en liaison avec une seule partie rigide maintenue au niveau du support flottant.

Sans sortir du cadre de l'invention, la partie rigide comporte par exemple des moyens d'isolation thermique.

- 15 Il est aussi possible pour la partie flexible du riser d'employer un riser flexible pourvu de moyens d'isolation ou de chauffage.

L'utilisation de moyens de chauffage ou d'isolation sur au moins une des deux parties permet avantageusement d'éviter ou de minimiser la formation de dépôts, par exemple des hydrates ou des paraffines dans le cadre de la production d'un effluent pétrolier en mers profondes par exemple.

- 20 Les matériaux formant la partie rigide et la partie flexible du riser sont choisis en fonction du fluide convoyé à l'intérieur, de façon à éviter tout risque de détérioration tel que la corrosion ou autre endommagement résultant de l'action du fluide sur le riser.

## REVENDECATIONS

- 1) Conduite pour grandes profondeurs d'eau permettant le transfert d'un fluide entre un support flottant (1) et un point situé en dessous et à une distance éloignée de la surface de l'eau, caractérisée en ce qu'elle comporte :
- 5    ⇒ au moins une partie flexible (7) en liaison par une de ses extrémités avec le point situé en dessous de la surface, et
- ⇒ au moins une partie rigide (6) en liaison avec la partie flexible par une de ses extrémités et par la deuxième extrémité avec le support flottant,
- 10   ⇒ ladite partie rigide étant maintenue au support flottant à l'aide de moyens de maintien (9) permettant à cette dernière d'être essentiellement mise en tension par son propre poids.

- 2) Conduite selon la revendication 1 caractérisée en ce que
- 15   ⇒ la partie flexible est définie de la manière suivante :
- a) on établit les mouvements extrema du support flottant,
- b) on suppose que les mouvements du haut de la partie flexible sont sensiblement identiques aux mouvements extrema,
- c) on choisit la position  $Ph$  de l'extrémité supérieure de cette partie flexible
- 20   en verticale et on dimensionne la partie flexible de façon à reprendre au moins les mouvements préétablis en tenant compte au moins des paramètres suivants : la pression interne  $Pint$ , la pression externe  $Pext$ , la nature du fluide, des efforts maximaux tels que la traction maximale  $Tmax$  vue par la partie flexible, la valeur de la courbure maximale admissible  $courbmax$ ,
- 25       si la partie flexible ne respecte pas les conditions d'utilisation, on change au moins la position  $Ph$ ,
- ⇒ la partie rigide est définie pour des moyens de maintien donnés et une valeur de diamètre  $Dr$ ,
- e) on choisit sa longueur  $Lr$  pour être sensiblement égale à la valeur de la
- 30   distance dans des conditions d'équilibre existant entre l'extrémité supérieure du riser flexible et les moyens de maintien,
- on définit la valeur de son épaisseur  $er$  de façon à reprendre les contraintes générées par au moins: le poids de la conduite, les efforts hydrodynamiques, les



efforts induits par les déplacements du support flottant, les pressions internes et externes,

- 5 f) on vérifie que la partie rigide du riser qui est disposée à l'intérieur ou sur les bords du support flottant ne rentre pas en contact avec une partie du support flottant, et on reprend éventuellement à l'étape b).

- 10 3) Conduite selon la revendication 2 caractérisée en ce que l'on effectue les étapes de dimensionnement de la partie flexible et de la partie rigide dans des conditions statiques.

- 4) Conduite selon la revendication 3 caractérisée en ce que l'on vérifie le dimensionnement en statique par des étapes de dimensionnement en dynamique.

- 15 5) Conduite selon la revendication 2 caractérisée en ce l'on effectue les étapes de dimensionnement de la partie flexible et de la partie rigide dans des conditions dynamique.

- 20 6) Conduite selon une des revendications 1 à 5 caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens d'isolation thermique disposés sur au moins la partie rigide et/ou la partie flexible.

- 25 7) Riser ou colonne montante de production selon l'une des revendications 1 à 6 pour le transfert des effluents à partir d'un puits de production vers un support flottant.

- 8) Conduite ou ligne d'injection selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisée en ce que la partie rigide est en liaison avec une source de fluide à injecter et la partie flexible en liaison avec un endroit où le fluide doit être injecté.

- 30 9) Système pour la production d'effluents pétroliers en grandes profondeurs d'eau permettant le transfert d'un fluide entre un support flottant et une source d'effluents caractérisé en ce qu'il comporte au moins un ou plusieurs risers et ou une ou plusieurs lignes d'injection selon l'une des revendications 1 à 8.

10) Système selon la revendication 9 caractérisé en ce qu'il comporte un système d'ancrage (10) caténaire appliqué sur le riser rigide au niveau de la jonction et/ou du connecteur (8) entre la partie flexible (7) et la partie rigide (6).

- 5            11) Système de production selon l'une des revendications 9 et 10 caractérisé en ce qu'il comporte des moyens supplémentaires de mise en tension du ou des risers.



⇒ la partie rigide est définie pour des moyens de maintien donnés et une valeur de diamètre  $D_r$ ,

- 5 e) on choisit sa longueur  $L_r$  pour être sensiblement égale à la valeur de la distance dans des conditions d'équilibre existant entre l'extrémité supérieure du riser flexible et les moyens de maintien, on définit la valeur de son épaisseur  $e_r$  de façon à reprendre les contraintes générées par au moins: le poids de la conduite, les efforts hydrodynamiques, les efforts induits par les déplacements du support flottant, les pressions internes et externes,
- 10 f) on vérifie que la partie rigide du riser qui est disposée à l'intérieur ou sur les bords du support flottant ne rentre pas en contact avec une partie du support flottant, et on reprend éventuellement à l'étape b).

On effectue par exemple les étapes de dimensionnement de la partie flexible et de la partie rigide dans des conditions statiques et on peut vérifier le dimensionnement en statique par des étapes de dimensionnement en dynamique.

15

Selon une autre variante de réalisation on effectue les étapes de dimensionnement de la partie flexible et de la partie rigide dans des conditions dynamique.

La conduite peut comporter des moyens d'isolation thermique disposés sur au moins la partie rigide et/ou la partie flexible.

20

L'invention concerne aussi un riser ou colonne montante de production pour le transfert des effluents à partir d'un puits de production vers un support comportant par exemple au moins l'une des caractéristiques précitées de la conduite pour grandes profondeurs d'eau permettant le transfert d'un fluide entre un support flottant et un point situé en dessous et à une distance éloignée de la surface de l'eau.

25

La conduite selon l'invention peut être un aussi une ligne d'injection où la partie rigide est en liaison avec une source de fluide à injecter et la partie flexible en liaison avec un endroit où le fluide doit être injecté.



FIG.1A

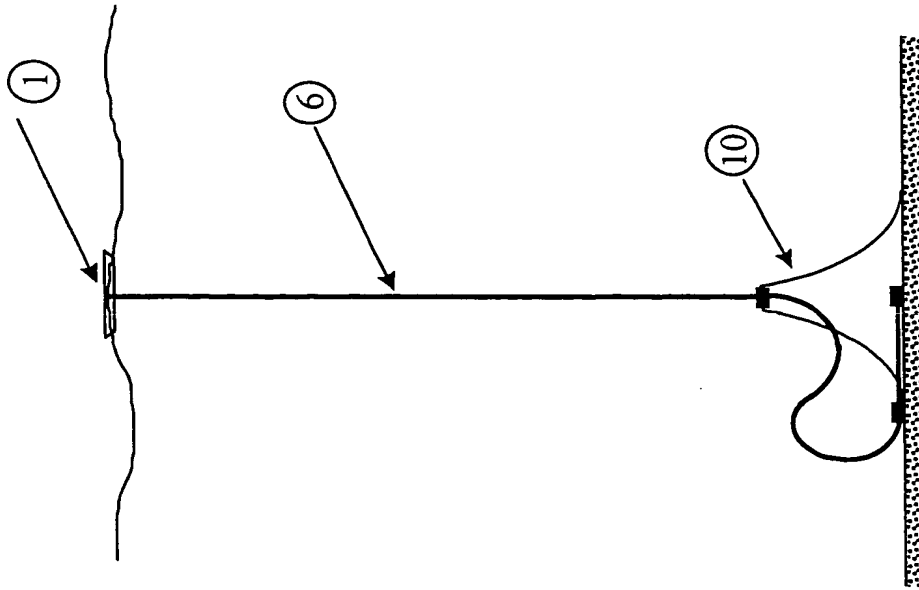


FIG.1B

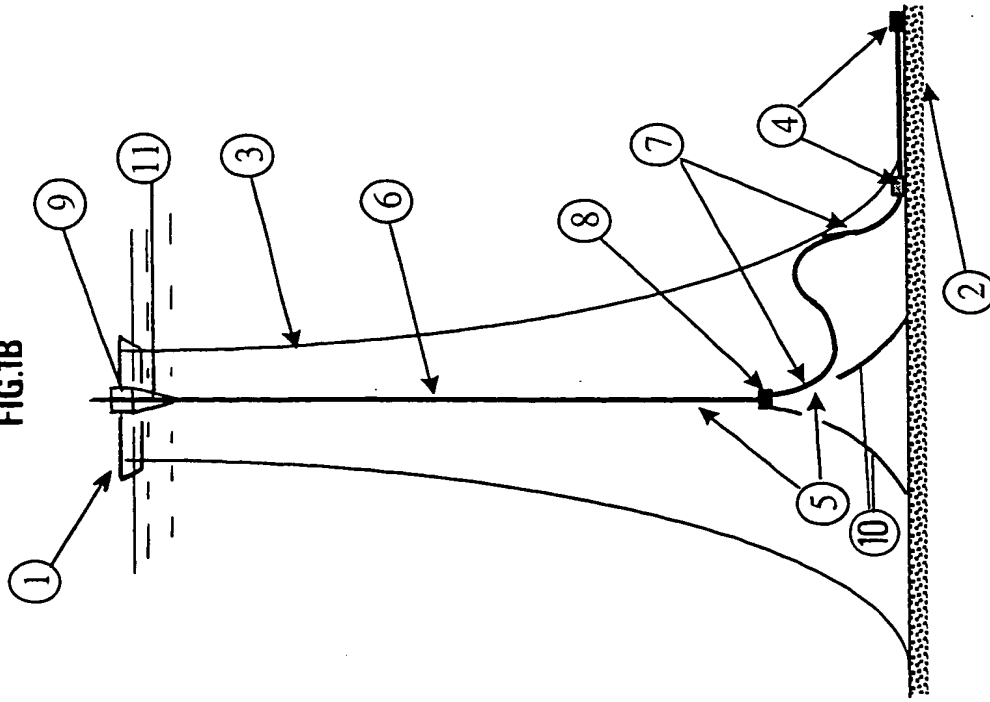


FIG. 2

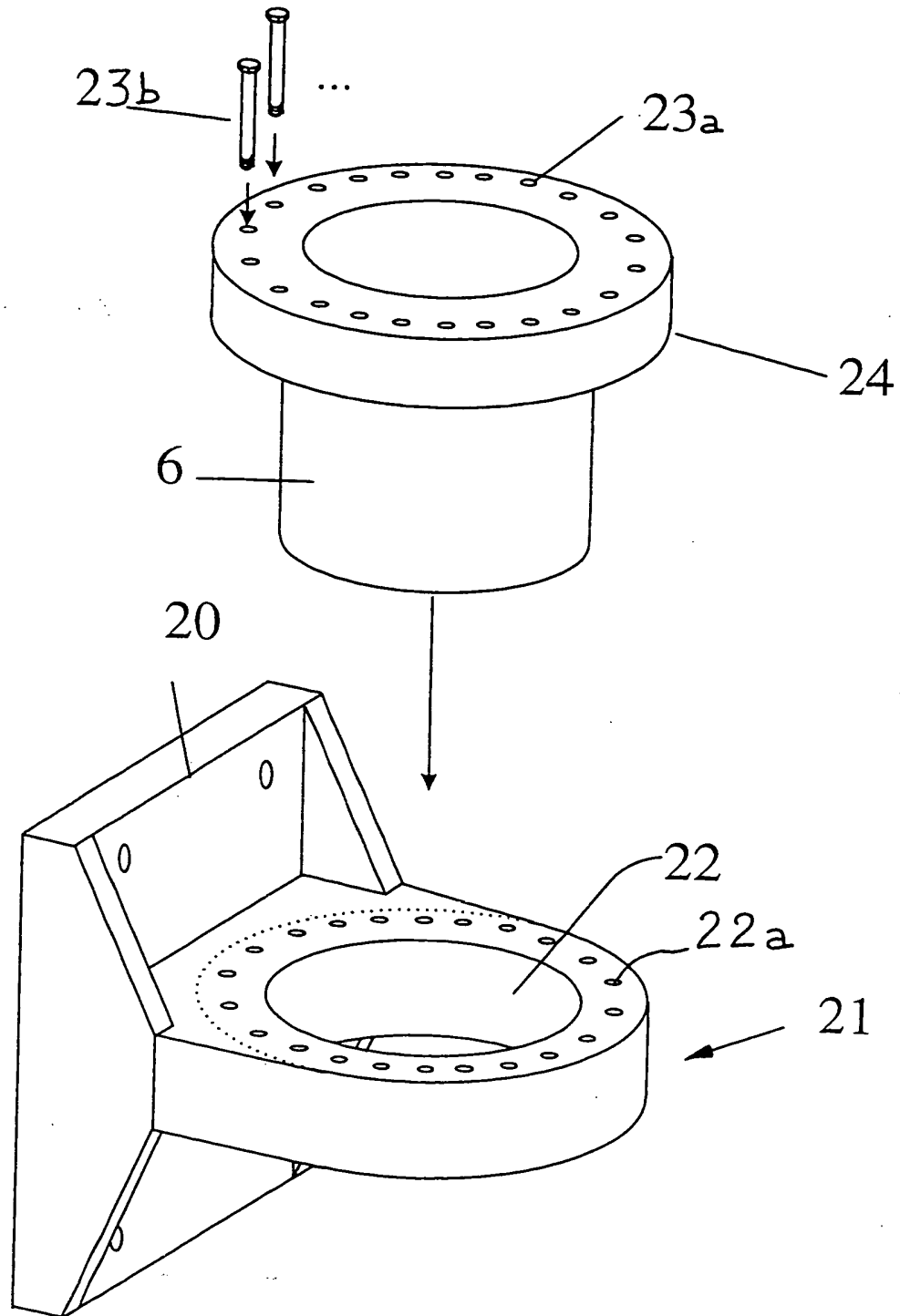
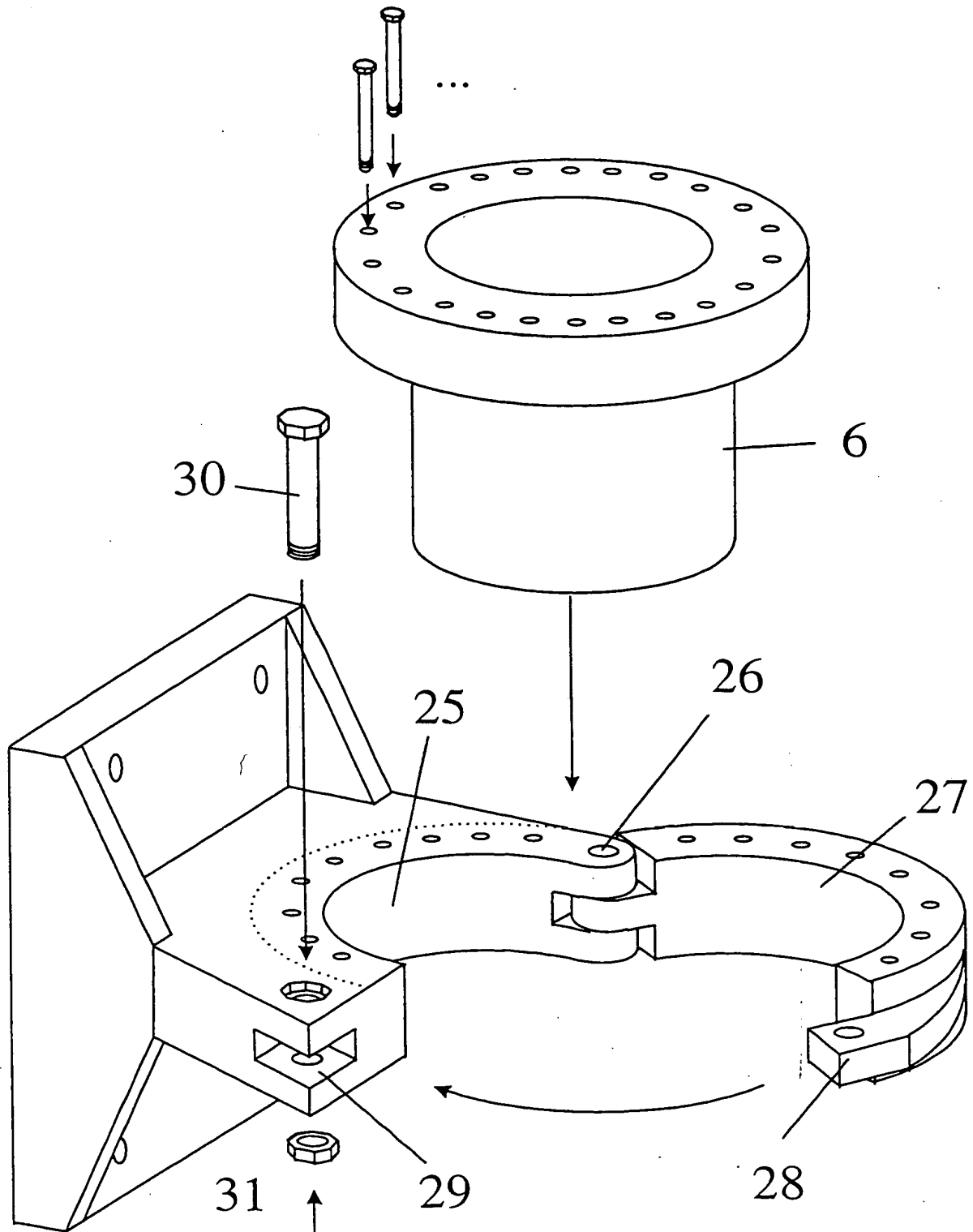


FIG.3



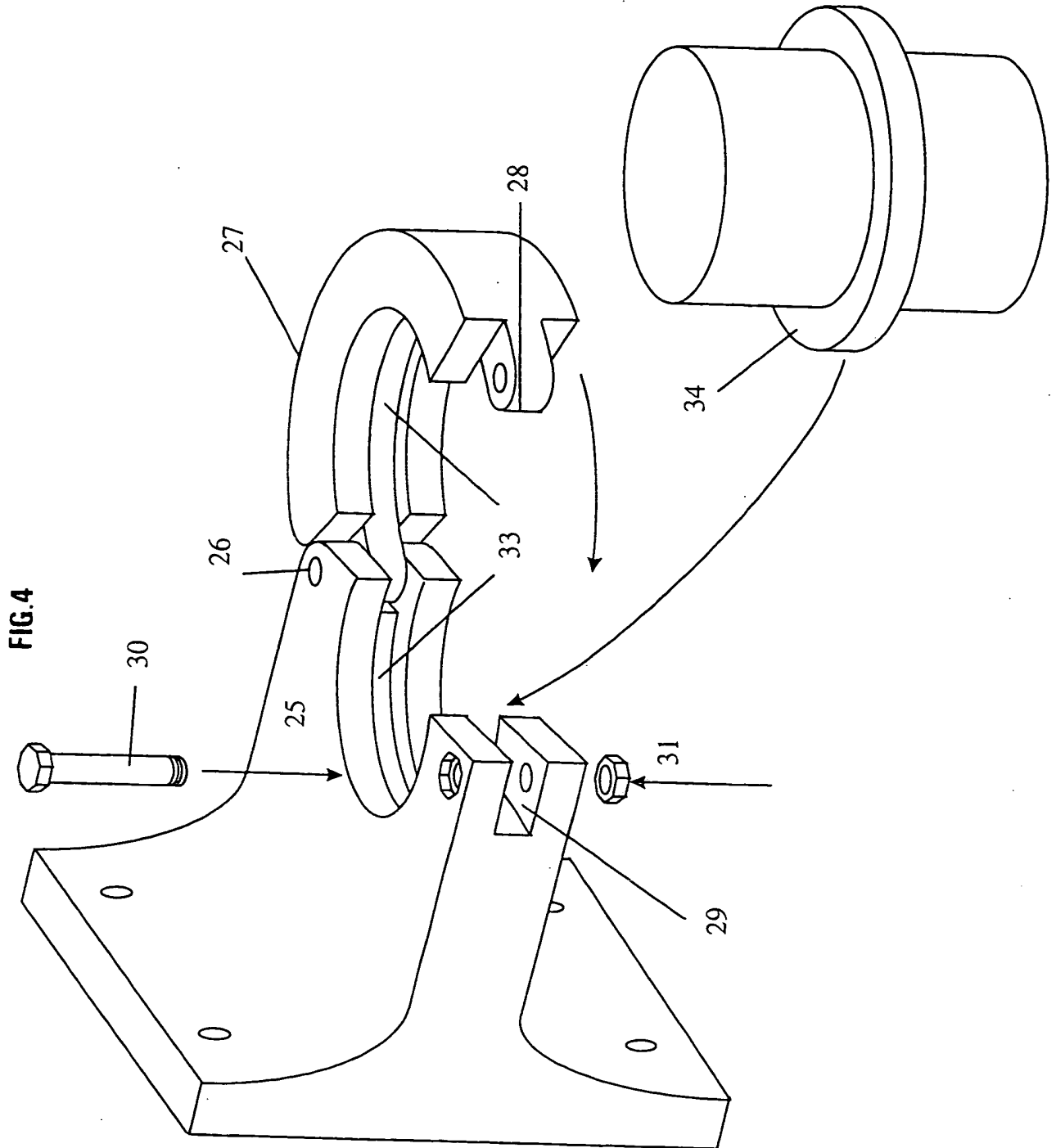


FIG. 5A

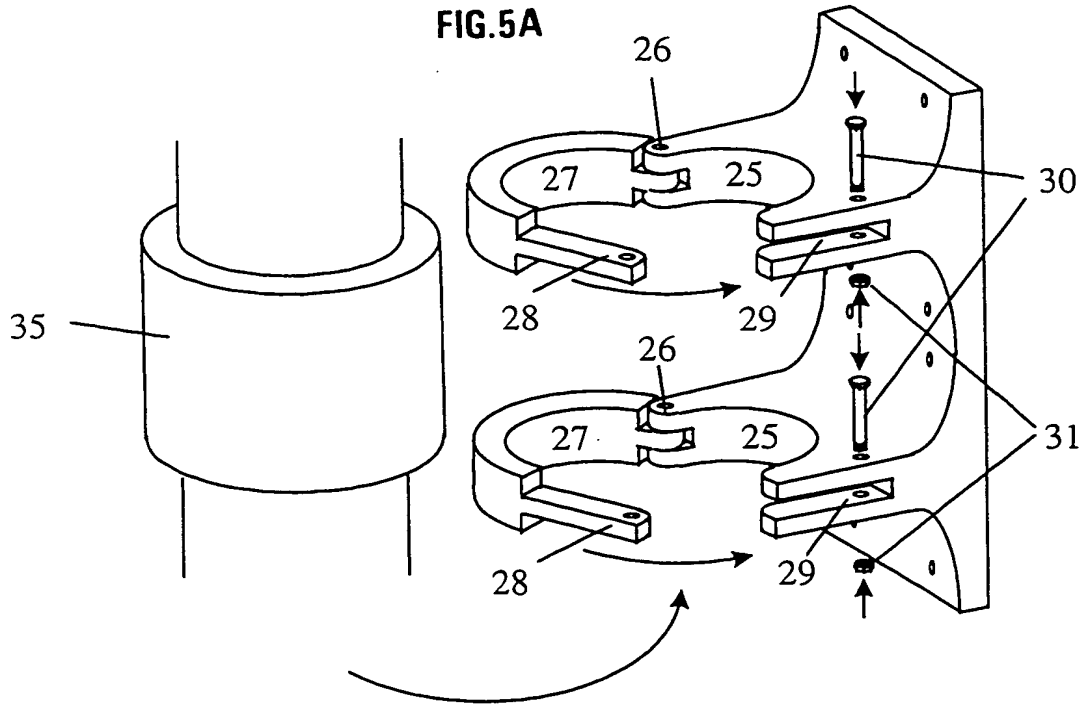


FIG. 5B

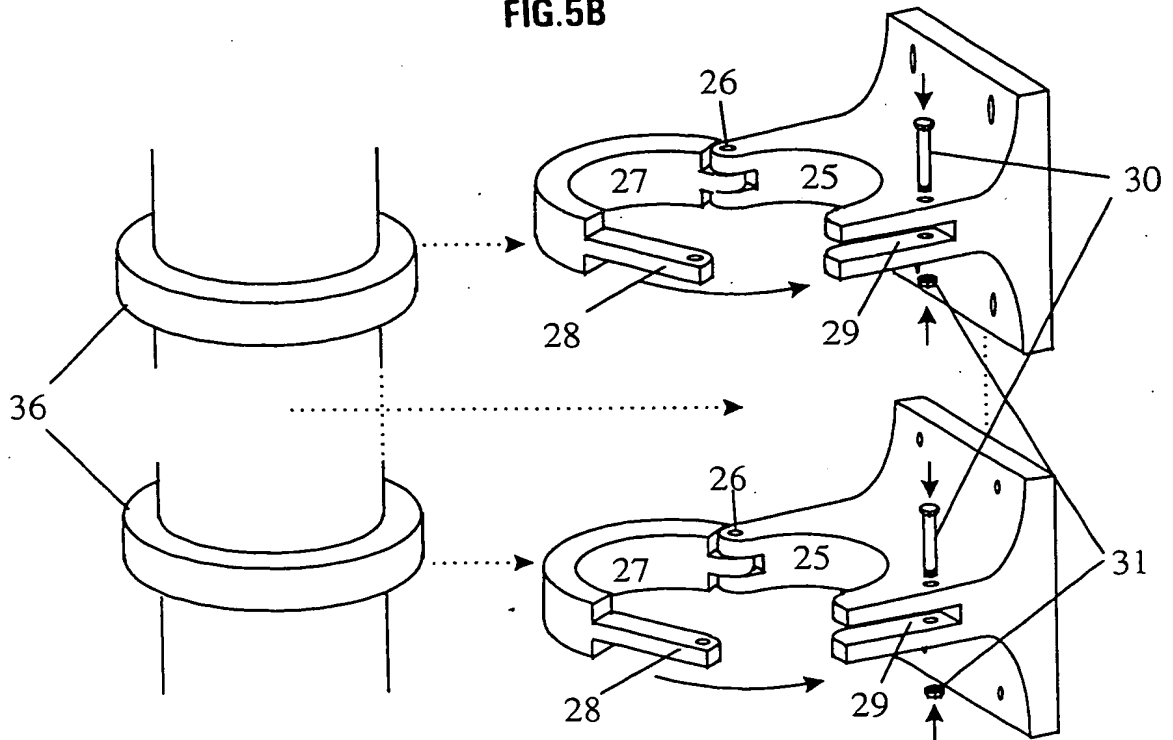
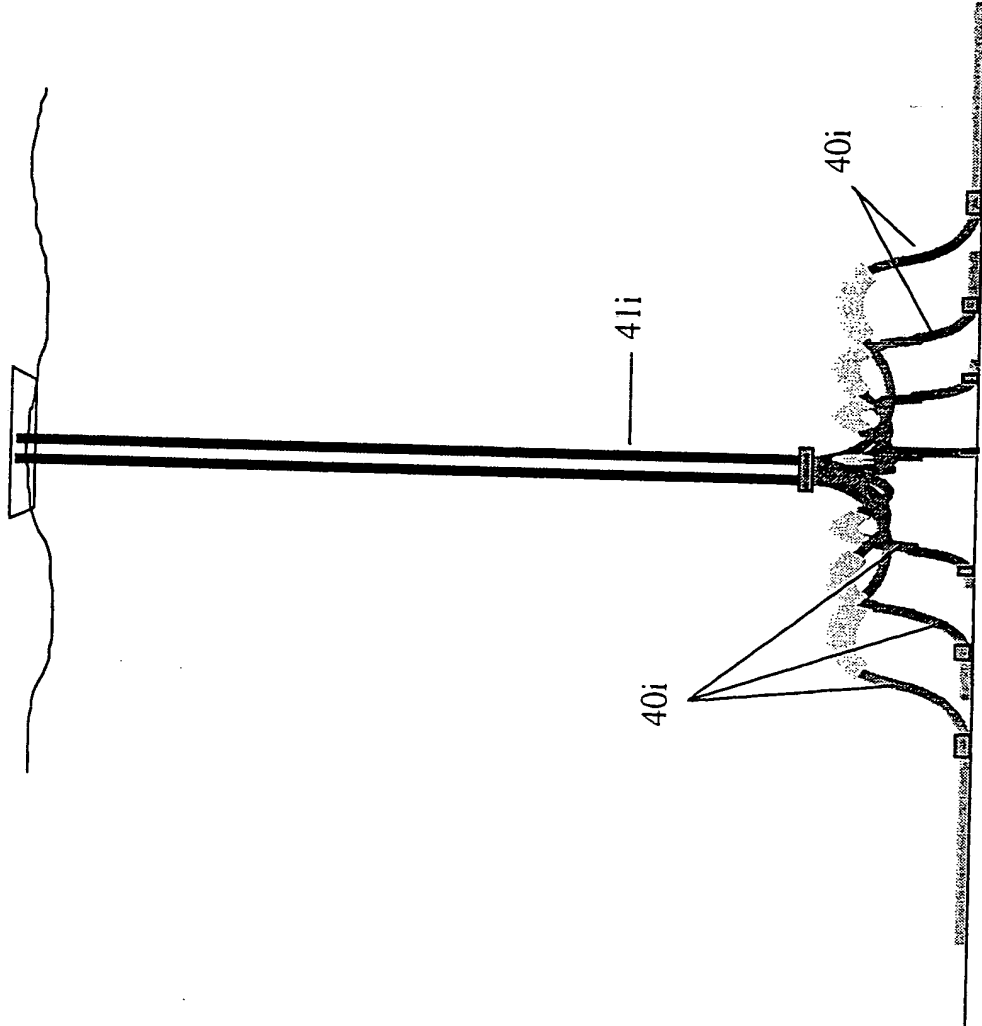


FIG. 6



## REVENDECATIONS

1) Conduite pour grandes profondeurs d'eau permettant le transfert d'un fluide entre un support flottant (1) et un point situé en dessous et à une distance éloignée de la surface de l'eau, caractérisée en ce qu'elle comporte :

⇒ au moins une partie flexible (7) en liaison par une de ses extrémités avec le point situé en dessous de la surface, et

⇒ au moins une partie rigide (6) en liaison avec la partie flexible par une de ses extrémités et par la deuxième extrémité avec le support flottant,

⇒ le point de jonction (8) entre la partie flexible et la partie rigide étant situé à une distance éloignée de la surface de l'eau.

2) Conduite selon la revendication 1 caractérisée en ce que

⇒ la partie flexible est définie de la manière suivante :

a) on établit les mouvements extrema du support flottant,

b) on suppose que les mouvements du haut de la partie flexible sont sensiblement identiques aux mouvements extrema,

c) on choisit la position  $Ph$  de l'extrémité supérieure de cette partie flexible en verticale et on dimensionne la partie flexible de façon à reprendre au moins les mouvements préétablis en tenant compte au moins des paramètres suivants : la pression interne  $Pint$ , la pression externe  $Pext$ , la nature du fluide, des efforts maximaux tels que la traction maximale  $Tmax$  vue par la partie flexible, la valeur de la courbure maximale admissible  $courbmax$ ,

si la partie flexible ne respecte pas les conditions d'utilisation, on change au moins la position  $Ph$ ,

⇒ la partie rigide est définie pour des moyens de maintien donnés et une valeur de diamètre  $Dr$ ,

e) on choisit sa longueur  $Lr$  pour être sensiblement égale à la valeur de la distance dans des conditions d'équilibre existant entre l'extrémité supérieure du riser flexible et les moyens de maintien,

on définit la valeur de son épaisseur  $er$  de façon à reprendre les contraintes générées par au moins : le poids de la conduite, les efforts hydrodynamiques, les efforts induits par les déplacements du support flottant, les pressions internes et externes,

f) on vérifie que la partie rigide du riser qui est disposée à l'intérieur ou sur les bords du support flottant ne rentre pas en contact avec une partie du support flottant , et on reprend éventuellement à l'étape b).

3) Conduite selon la revendication 2 caractérisée en ce que l'on effectue les étapes de dimensionnement de la partie flexible et de la partie rigide dans des conditions statiques.

4) Conduite selon la revendication 3 caractérisée en ce que l'on vérifie le dimensionnement en statique par des étapes de dimensionnement en dynamique.

5) Conduite selon la revendication 2 caractérisée en ce l'on effectue les étapes de dimensionnement de la partie flexible et de la partie rigide dans des conditions dynamique.

6) Conduite selon une des revendications 1 à 5 caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens d'isolation thermique disposés sur au moins la partie rigide et/ou la partie flexible.

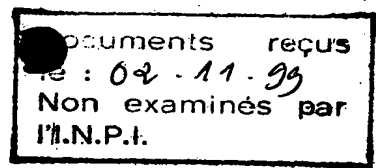
7) Conduite selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisée en ce que ladite partie rigide est maintenue au support flottant à l'aide de moyens d maintien (9) permettant la mise en tension de ladite conduite sous l'effet de son propre poids.

8) Riser ou colonne montante de production selon l'une des revendications 1 à 7 pour le transfert des effluents à partir d'un puits de production vers un support flottant.

9) Conduite ou ligne d'injection selon l'une des revendications 1 à 8 caractérisée en ce que la partie rigide est en liaison avec une source de fluide à injecter et la partie flexible en liaison avec un endroit où le fluide doit être injecté.

10) Système pour la production d'effluents pétroliers en grandes profondeurs d'eau permettant le transfert d'un fluide entre un support flottant et une source d'effluents caractérisé en ce qu'il comporte au moins un ou plusieurs risers et ou une ou plusieurs lignes d'injection selon l'une des revendications 1 à 9.





11) Système selon la revendication 9 caractérisé en ce qu'il comporte un système d'ancrage (10) caténaire appliqué sur le riser rigide au niveau de la jonction et/ou du connecteur (8) entre la partie flexible (7) et la partie rigide (6).

12) Système de production selon l'une des revendications 10 et 11 caractérisé en ce qu'il comporte des moyens supplémentaires de mise en tension du ou des risers.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**